

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-150315

(43) Date of publication of application : 24.05.2002

G06T 15/50  
G06T 15/00  
G06T 17/40

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

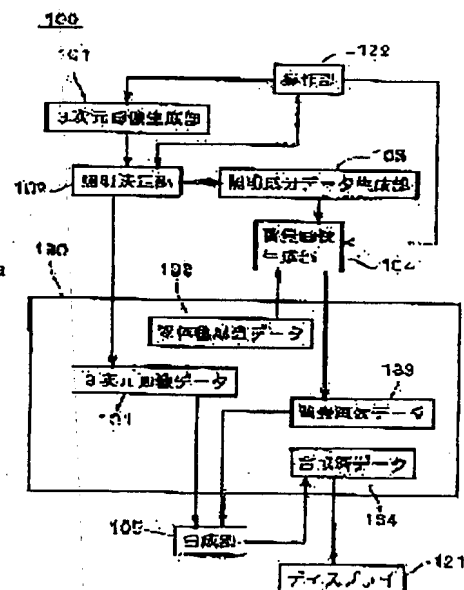
(72)Inventor: UCHINO FUMIKO

**(54) IMAGE PROCESSING DEVICE AND RECORDING MEDIUM**

**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To generate an image without a sense of incongruity by composing a three-dimensional image and a background image generated by a computer.

**SOLUTION:** This image processing device 100 is provided with a three-dimensional image generating part 101 for generating a three-dimensional image; an illumination determining part 102 for determining illumination on the three-dimensional image; an illuminating component data generating part 103 obtaining background illumination data; a background image generating part 104 for generating the background image; and a composition part 105 for composing the three-dimensional image and background image. The illuminating component data generating part 103 obtains the relative spectral distribution of illuminating light from the RGB value of illuminating light onto the three-dimensional image and further changes the intensity of the illuminating light. The generated data of illuminating light is combined with object color component data 132 substantially showing the spectral reflectance of a photographed body, to generate the background image reflecting an illuminating characteristic to the three-dimensional image. The composite image without a sense of incongruity can be obtained by the composition of the three-dimensional image and background image.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

**[Patent number]**

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(12) 公開特許公報 (A)

(II)特許出願公開番号  
特開2002-150315  
(P2002-150315A)

(43)公開日 平成14年5月24日(2002.5.24)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>		識別記号	F I	ページコード(参考)
G 0 6 T	15/50	2 0 0	G 0 6 T 15/50	2 0 0 5 B 0 5 0
	15/00	3 0 0	15/00	3 0 0 5 B 0 8 0
	17/40		17/40	A

審査請求 未請求 請求項の数10 OL (全 14 頁)

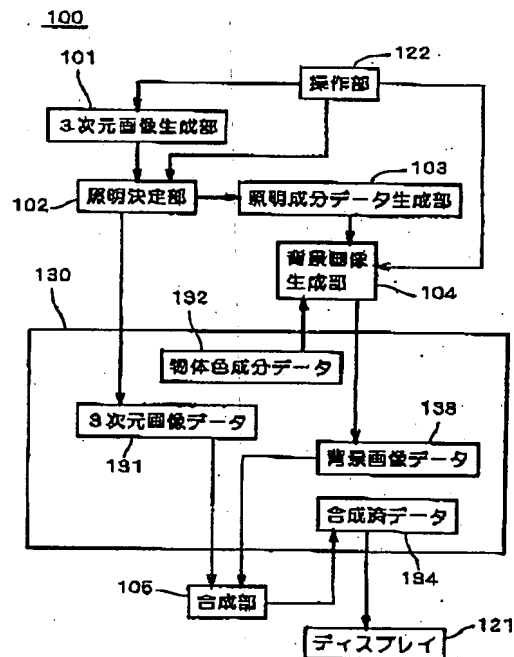
(21)出願番号	特願2000-342078(P2000-342078)	(71)出願人	000006079 ミノルタ株式会社 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル
(22)出願日	平成12年11月9日(2000.11.9)	(72)発明者	内野 文子 大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪国際ビル ミノルタ株式会社内
		(74)代理人	100089233 弁理士 吉田 茂明 (外2名) Fターム(参考) 5B050 AA08 AA09 BA06 BA07 BA09 DA02 DA04 EA19 EA28 FA02 FA05 5B080 FA02 FA08 GA11 GA21

(54) 【発明の名称】 画像処理装置および記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 コンピュータにて生成された3次元画像と背景画像とを合成して違和感のない画像を生成する。

【解決手段】 画像処理装置１００において、３次元画像を生成する３次元画像生成部１０１、３次元画像への照明を決定する照明決定部１０２、背景用の照明のデータを求める照明成分データ生成部１０３、背景画像を生成する背景画像生成部１０４、および、３次元画像と背景画像とを合成する合成部１０５を設ける。照明成分データ生成部１０３では、３次元画像への照明光のＲＧＢ値から照明光の分光分布を求め、さらに、照明光の強度を変更する。生成された照明光のデータは実質的に被写体の分光反射率を示す物体色成分データ１３２と合成され、３次元画像への照明特性を反映した背景画像が生成される。３次元画像を背景画像に合成することにより、違和感のない合成画像が得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 画像処理装置であって、

3次元画像に作用させる照明環境の決定を受け付ける手段と、

3次元画像を生成するとともに決定された照明環境を前記3次元画像に作用させる手段と、

撮影により取得された画像から照明環境の影響を取り除くことにより生成された物体色成分画像に前記決定された照明環境から導かれるデータを合成して2次元画像を生成する手段と、

前記3次元画像と前記2次元画像とを合成する手段と、を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項2】 請求項1に記載の画像処理装置であって、

前記2次元画像を生成する手段が、前記決定された照明環境における照明光の相対分光分布を一定に保ったまま前記照明光の強度を変更した後、前記物体色成分画像と前記決定された照明成分データとを合成することを特徴とする画像処理装置。

【請求項3】 画像処理装置であって、

3次元モデルを取得する手段と、

撮影により取得された画像から照明環境の影響を取り除くことにより生成された物体色成分画像を前記3次元モデルの表面に対応付ける手段と、

を備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項4】 請求項3に記載の画像処理装置であって、

撮影により取得された画像から前記物体色成分画像を生成する手段、をさらに備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項5】 請求項3または4に記載の画像処理装置であって、

前記物体色成分画像のデータと前記3次元モデルのデータとを1つのファイルとして保存する手段、をさらに備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項6】 請求項3または4に記載の画像処理装置であって、

照明が画像に与える影響を示す照明成分データの決定を受け付ける手段と、

前記3次元モデルの表面に対応付けられた前記物体色成分画像に、決定された照明成分データを合成する手段と、をさらに備えることを特徴とする画像処理装置。

【請求項7】 画像処理装置であって、

照明が画像に与える影響を示す照明成分データの決定を受け付ける手段と、

撮影により取得された画像から照明環境の影響を取り除くことにより生成された物体色成分画像に決定された照明成分データを合成して2次元画像を生成する手段と、前記物体色成分画像または前記2次元画像を3次元モデルの表面に対応付ける手段と、を備えることを特徴とする

る画像処理装置。

【請求項8】 コンピュータに画像処理を実行させるプログラムを記録した記録媒体であって、前記プログラムのコンピュータによる実行は、前記コンピュータに、3次元画像に作用させる照明環境の決定を受け付ける工程と、

決定された照明環境を3次元画像に作用させる工程と、撮影により取得された画像から照明環境の影響を取り除くことにより生成された物体色成分画像に前記決定された照明環境から導かれるデータを合成して2次元画像を生成する工程と、

前記3次元画像と前記2次元画像とを合成する工程と、を実行させることを特徴とする記録媒体。

【請求項9】 コンピュータに画像処理を実行させるプログラムを記録した記録媒体であって、前記プログラムのコンピュータによる実行は、前記コンピュータに、3次元モデルを取得する工程と、

撮影により取得された画像から照明環境の影響を取り除くことにより生成された物体色成分画像を前記3次元モデルの表面に対応付ける工程と、を実行させることを特徴とする記録媒体。

【請求項10】 コンピュータに画像処理を実行させるプログラムを記録した記録媒体であって、前記プログラムのコンピュータによる実行は、前記コンピュータに、照明が画像に与える影響を示す照明成分データの決定を受け付ける工程と、

撮影により取得された画像から照明環境の影響を取り除くことにより生成された物体色成分画像に決定された照明成分データを合成して2次元画像を生成する工程と、前記2次元画像を生成する工程の前または後に、前記物体色成分画像または前記2次元画像を3次元モデルの表面に対応付ける工程と、を実行させることを特徴とする記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、2次元画像と3次元画像（または、3次元モデル）とを合成する技術に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来より、3次元グラフィックスの分野において、コンピュータ上にて作成された3次元モデルと撮影により取得された2次元画像（以下、「実写画像」という。）との合成が行われている。このような処理の一例として、3次元モデルに色を付するとともに照明光の影響を反映する処理（色合いの変更やシェーディング等）を行い、得られた3次元モデル（以下、若色された3次元モデルを「3次元画像」と呼ぶこととする。）に風景などの実写画像を背景として合成する処理がある。

【0003】 また、他の例として、実写画像を3次元モ

デルの表面に張り付けるイメージベースレンダリングがある。イメージベースレンダリングにより、より現実的な3次元画像がコンピュータ上にて生成される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、実写画像である背景画像とコンピュータにより生成された3次元画像とを合成する際には、両画像の雰囲気を合わせる処理が必要となる。このとき、実写画像に対して色合いの修正が行われてもよく、3次元画像に与える照明光が修正されてもよい。しかしながら、RGB値やCMY値等を調整することにより両画像の雰囲気を容易に合わせることはできず、調整作業はノウハウを有する専門家に頼らざるを得ない。

【0005】一方、実写画像を3次元モデルの表面に張り付ける場合、実写画像には撮影時の照明環境の影響が含まれているため、得られた3次元画像の雰囲気を変更することが困難となる。したがって、3次元画像を他の画像と合成した際に、違和感を除去することが困難となる。

【0006】本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、実写画像である2次元画像とコンピュータやレンジファインダ等を用いて生成される3次元画像や3次元モデルとを適切に合成することを目的としている。

【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、画像処理装置であって、3次元画像に作用させる照明環境の決定を受け付ける手段と、3次元画像を生成するとともに決定された照明環境を前記3次元画像に作用させる手段と、撮影により取得された画像から照明環境の影響を取り除くことにより生成された物体色成分画像に前記決定された照明環境から導かれるデータを合成して2次元画像を生成する手段と、前記3次元画像と前記2次元画像とを合成する手段とを備える。

【0008】請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の画像処理装置であって、前記2次元画像を生成する手段が、前記決定された照明環境における照明光の相対分光分布を一定に保ったまま前記照明光の強度を変更した後、前記物体色成分画像と前記決定された照明成分データとを合成する。

【0009】請求項3に記載の発明は、画像処理装置であって、3次元モデルを取得する手段と、撮影により取得された画像から照明環境の影響を取り除くことにより生成された物体色成分画像を前記3次元モデルの表面に対応付ける手段とを備える。

【0010】請求項4に記載の発明は、請求項3に記載の画像処理装置であって、撮影により取得された画像から前記物体色成分画像を生成する手段をさらに備える。

【0011】請求項5に記載の発明は、請求項3または4に記載の画像処理装置であって、前記物体色成分画像のデータと前記3次元モデルのデータとを1つのファイル

として保存する手段をさらに備える。

【0012】請求項6に記載の発明は、請求項3または4に記載の画像処理装置であって、照明が画像に与える影響を示す照明成分データの決定を受け付ける手段と、前記3次元モデルの表面に対応付けられた前記物体色成分画像に、決定された照明成分データを合成する手段とをさらに備える。

【0013】請求項7に記載の発明は、画像処理装置であって、照明が画像に与える影響を示す照明成分データの決定を受け付ける手段と、撮影により取得された画像から照明環境の影響を取り除くことにより生成された物体色成分画像に決定された照明成分データを合成して2次元画像を生成する手段と、前記物体色成分画像または前記2次元画像を3次元モデルの表面に対応付ける手段とを備える。

【0014】請求項8に記載の発明は、コンピュータに画像処理を実行させるプログラムを記録した記録媒体であって、前記プログラムのコンピュータによる実行は、前記コンピュータに、3次元画像に作用させる照明環境の決定を受け付ける工程と、決定された照明環境を3次元画像に作用させる工程と、撮影により取得された画像から照明環境の影響を取り除くことにより生成された物体色成分画像に前記決定された照明環境から導かれるデータを合成して2次元画像を生成する工程と、前記3次元画像と前記2次元画像とを合成する工程とを実行させる。

【0015】請求項9に記載の発明は、コンピュータに画像処理を実行させるプログラムを記録した記録媒体であって、前記プログラムのコンピュータによる実行は、前記コンピュータに、3次元モデルを取得する工程と、撮影により取得された画像から照明環境の影響を取り除くことにより生成された物体色成分画像を前記3次元モデルの表面に対応付ける工程とを実行させる。

【0016】請求項10に記載の発明は、コンピュータに画像処理を実行させるプログラムを記録した記録媒体であって、前記プログラムのコンピュータによる実行は、前記コンピュータに、照明が画像に与える影響を示す照明成分データの決定を受け付ける工程と、撮影により取得された画像から照明環境の影響を取り除くことにより生成された物体色成分画像に決定された照明成分データを合成して2次元画像を生成する工程と、前記2次元画像を生成する工程の前または後に、前記物体色成分画像または前記2次元画像を3次元モデルの表面に対応付ける工程とを実行させる。

【0017】

【発明の実施の形態】<1. 物体色成分画像の取得例>まず、様々な照明環境下の被写体の画像を生成するために利用される物体色成分画像およびその取得方法の例について説明する。

【0018】物体色成分画像とは、被写体への照明環境

が画像に与える影響を画像から取り除いた成分に相当する画像であり、被写体の分光反射率におよそ相当するデータが画素に与えられた画像をいう。物体色成分画像のデータ（以下、「物体色成分データ」という。）は、様々な手法により取得することが可能であるが、ここではその一例について説明する。

【0019】図1は、フラッシュ光を利用した撮影により取得される第1画像とフラッシュを用いずに取得される第2画像とに基づいて物体色成分データを生成するための構成および他の関連する構成を示す図である。例えば、コンピュータのCPUがプログラムに従って演算処理を実行することにより、図1中の差分画像生成部1

1、物体色成分データ生成部12および画像再生部13として示される機能が実現される。

【0020】これらの機能構成の全てまたは一部は専用の電氣的回路となってもよく、専用の装置やデジタルカメラ等がこれらの機能構成を有していてもよい。以下の説明にて参照される機能構成を示すブロック図においても同様である。

【0021】画像再生部13には、物体色成分データ35に基づいて生成された画像を表示するディスプレイ21および操作者からの入力を受け付ける操作部22が接続される。メモリ30には、第1画像データ31、第2画像データ32、フラッシュ分光データ34および照明成分データ36が予め準備される。第1画像データ31はフラッシュを発光さつデジタルカメラにて取得された画像に相当し、第2画像データ32はフラッシュを発光させることなく取得された画像に相当する。2回の撮影は、連写のように迅速に行われ、第1画像と第2画像との撮影範囲は同一とされる。また、2回の撮影はシャッタ速度（CCDの積分時間）および絞り値が同一の条件にて行われる。

【0022】フラッシュの発光は、フラッシュ光の分光分布が一定となるように制御される。具体的には、発光時間およびフラッシュの電源の電圧が一定に制御される。フラッシュ光の分光分布は予め計測されてフラッシュ分光データ34としてメモリ30に記憶される。正確にはフラッシュ光の相対的な分光分布（最大の分光強度を1として正規化された分光分布をいい、以下「相対分光分布」という。）がフラッシュ分光データ34とされる。

【0023】図2は、第1画像データ31、第2画像データ32およびフラッシュ分光データ34から物体色成分データ35を算出する処理の流れを示す図である。

【0024】まず、差分画像生成部11が第1画像データ31から第2画像データ32を減算して差分画像データ33を求める。すなわち、第1画像の各画素のR、G、Bの値から第2画像の対応する画素のR、G、Bの値がそれぞれ減算され、第1画像と第2画像との差分画像が得られる（ステップS11）。

【0025】次に、物体色成分データ生成部12が、差分画像データ33およびフラッシュ分光データ34を用いて画像から照明環境の影響を取り除いた成分に相当する物体色成分画像のデータ（物体色成分データ35）として求める（ステップS12）。既述のように物体色成分データ35は被写体の分光反射率にほぼ相当する。以下、被写体の分光反射率を求める原理について説明する。

【0026】被写体を照明する照明光（光源からの直接的な光および間接的な光を含む照明環境における照明光いう。）の分光分布を $E(\lambda)$ とし、この分光分布 $E(\lambda)$ を3つの基底関数 $E_1(\lambda)$ 、 $E_2(\lambda)$ 、 $E_3(\lambda)$ および加重係数 $\varepsilon_1$ 、 $\varepsilon_2$ 、 $\varepsilon_3$ を用いて、

【0027】

【数1】

$$E(\lambda) = \sum_{i=1}^3 \varepsilon_i E_i(\lambda)$$

【0028】と表す。同様に、ある画素（以下、「対象画素」という。）に対応する被写体上の位置の分光反射率を $S(\lambda)$ を3つの基底関数 $S_1(\lambda)$ 、 $S_2(\lambda)$ 、 $S_3(\lambda)$ および加重係数 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ を用いて、

【0029】

【数2】

$$S(\lambda) = \sum_{j=1}^3 \sigma_j S_j(\lambda)$$

【0030】と表すと、CCD上の対象画素に入射する光 $I(\lambda)$ （CCD前方に位置するフィルタ等を見視した場合の入射光）は、

【0031】

【数3】

$$I(\lambda) = \sum_{i=1}^3 \varepsilon_i E_i(\lambda) \cdot \sum_{j=1}^3 \sigma_j S_j(\lambda)$$

【0032】と表現される。また、対象画素のR、G、Bのいずれかの色（以下、「対象色」という。）に関する値が $\rho_c$ であり、CCDの対象色の分光感度を $R_c(\lambda)$ とすると、値 $\rho_c$ は、

【0033】

【数4】

$$\rho_c = \int R_c(\lambda) I(\lambda) d\lambda$$

【0034】により導かれる。

【0035】ここで、フラッシュONの第1画像の対象画素の対象色の値が $\rho_{on}$ であり、フラッシュOFFの第2画像の対応する値が $\rho_{off}$ である場合、差分画像の対応する値 $\rho_c$ は、

【0036】

【数5】

$$\begin{aligned}
 \rho_s &= \rho_{s1} - \rho_{s2} \\
 &= \int R_c(\lambda) \{I_1(\lambda) - I_2(\lambda)\} d\lambda \\
 &= \int R_c(\lambda) \left\{ \sum_{i=1}^3 (\epsilon_{1i} - \epsilon_{2i}) E_i(\lambda) \cdot \sum_{j=1}^3 \sigma_j S_j(\lambda) \right\} d\lambda \\
 &= \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 \epsilon_{si} \sigma_j \left\{ \int R_c(\lambda) E_i(\lambda) S_j(\lambda) d\lambda \right\}
 \end{aligned}$$

【0037】となる。 $I_1(\lambda)$ はフラッシュONの際に対象画素に入射する光であり、 $\epsilon_{11}$ 、 $\epsilon_{12}$ 、 $\epsilon_{13}$ はフラッシュ光を含む照明光に関する基底関数の加重係数である。同様に、 $I_2(\lambda)$ はフラッシュOFFの際に対象画素に入射する光であり、 $\epsilon_{21}$ 、 $\epsilon_{22}$ 、 $\epsilon_{23}$ はフラッシュ光を含まない照明光に関する基底関数の加重係数である。さらに、 $\epsilon_{si}$  ( $i=1, 2, 3$ )は $(\epsilon_{1i} - \epsilon_{2i})$ である。

【0038】数5において、基底関数 $E_i(\lambda)$ 、 $S_j(\lambda)$ は予め定められた関数であり、分光感度 $R_c(\lambda)$ は予め計測により求めることができる関数である。これらの情報は予めメモリ30に記憶される。一方、2回の撮影においてシャッタ速度（あるいは、CCDの積分時間）および絞り値が同一に制御されることから、第1画像から第2画像を減算した差分画像は照明環境の変更のみの影響を受けた画像、すなわち、フラッシュ光のみを照明光源とする画像に相当する。したがって、加重係数 $\epsilon_{si}$ は後述する手法によりフラッシュ光の相対分光分布から導くことができる。

【0039】数5に示す方程式において未知数は3つの加重係数 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ のみである。また、数5に示す方程式は対象画素におけるR、G、Bの3つの色のそれぞれに関して求めることができ、これら3つの方程式を解くことにより3つの加重係数 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ を求めることができる。すなわち、対象画素に対応する被写体上の位置の分光反射率が得られる。

【0040】次に、加重係数 $\epsilon_{si}$ を求める手法について説明する。既述のように差分画像はフラッシュ光のみを照明光とする画像に相当し、差分画像における照明光の相対分光分布は既知である。一方で、フラッシュから遠い被写体上の領域はフラッシュに近い領域よりもフラッシュ光を受ける度合いが小さい。したがって、差分画像では通常、フラッシュから遠い位置ほど暗く現れる。

【0041】そこで、3つの加重係数 $\epsilon_{11}$ 、 $\epsilon_{12}$ 、 $\epsilon_{13}$ の値の相対関係を一定に保ったまま差分画像中の対象画素（あるいは、対象画素を中心とする領域）の輝度に比例してこれらの加重係数の値を増減する。具体的には、差分画像中の対象画素の輝度が小さい場合には加重係数 $\epsilon_{11}$ 、 $\epsilon_{12}$ 、 $\epsilon_{13}$ の値は小さな値として決定され、輝度が大きい場合には加重係数 $\epsilon_{11}$ 、 $\epsilon_{12}$ 、 $\epsilon_{13}$ の値は大きな値として決定される。3つの加重係数 $\epsilon_{11}$ 、 $\epsilon_{12}$ 、 $\epsilon_{13}$ の相対関係は3つの基底関数 $E_1(\lambda)$ 、 $E_2(\lambda)$ 、 $E_3(\lambda)$ の加重和がフラッシュ光の分光分布と比例するよ

うに予め求められており、輝度と加重係数 $\epsilon_{si}$ との比例関係は予め測定により求められる。

【0042】なお、加重係数 $\epsilon_{si}$ は対象画素に対応する被写体上の位置に照射されるフラッシュ光の分光分布を示す値であり、第1画像および第2画像間におけるフラッシュによる照明光の変更量の分光分布を示す値である。したがって、フラッシュ分光データ34より加重係数 $\epsilon_{si}$ を求める処理は、フラッシュ光の相対分光分布からフラッシュによる照明環境（照明光）の分光変更量を求める処理に相当する。

【0043】以上の原理に基づき差分画像データ33の画素値およびフラッシュ分光データ34を参照しながら、各画素に対応する被写体上の位置の分光反射率（加重係数 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ ）が求められる。被写体の分光反射率は、照明環境の影響が取り除かれた画像データに相当し、物体色成分データ35としてメモリ30に保存される（ステップS13）。

【0044】加重係数 $\sigma_1$ 、 $\sigma_2$ 、 $\sigma_3$ が求められると、撮影時の照明光の分光分布を求めることも可能となる。すなわち、数3および数4より第2画像の各画素のR、G、Bの値に基づいて加重係数 $\epsilon_{21}$ 、 $\epsilon_{22}$ 、 $\epsilon_{23}$ に関する3つの方程式が求められ、これらの方程式を解くことにより第2画像における各画素に関する加重係数 $\epsilon_{2i}$ を求める。求められた各画素の加重係数 $\epsilon_{2i}$ は第2画像におけるフラッシュ光を含まない照明環境の影響を示す成分となる。

【0045】ここで、およそ均一な照明光による照明環境の場合には画素ごとの加重係数 $\epsilon_{si}$ のばらつきは少ない。そこで、加重係数 $\epsilon_{11}$ 、 $\epsilon_{12}$ 、 $\epsilon_{13}$ のそれぞれについて全画素の平均値を求め、求められた3つの加重係数 $\epsilon_{si}$ および基底関数 $E_i(\lambda)$ が照明光の分光分布を示すデータとして利用可能となる。

【0046】次に、物体色成分データ35の基本的な利用方法について説明する。図3は、物体色成分データ35から画像を再生する際の処理の流れを示す図である。

【0047】まず、操作部22を介して物体色成分データ35に合成すべき照明光の種類が選択が行われ（ステップS21）、選択された照明光に対応した照明成分データ36がメモリ30から画像再生部13へと入力される。画像再生部13には物体色成分データ35も入力される。

【0048】照明成分データ36は、数1に示される加重係数 $\epsilon_i$ と基底関数 $E_i(\lambda)$ とにより照明光の分光分布を示す形式となっている。メモリ30には、予め標準光(D65やD50)、太陽光、蛍光灯の光等の分光分布や物体色成分データ35を生成する際に生成された照明光の分光分布が照明成分データ36として準備される。

【0049】次に、画像再生部13が物体色成分データ35および選択された照明成分データ36とを合成する(ステップS22)。すなわち、数3および数4にて示す演算を行う。これにより、表示可能な画像データが生成され、物体色成分データ35により決定される被写体を照明成分データ36が示す照明光にて照明した際の画像がディスプレイ21に再生される(ステップS23)。

【0050】以上のように、物体色成分データ35は照明成分データ36とを合成されることにより、照明成分データ36が示す照明環境の影響を取り込んだ画像のデータとなる。したがって、物体色成分データ35を用いることにより様々な照明環境の雰囲気を取り込んだ同一の被写体の画像を生成することが可能となる。

【0051】＜2. 第1の実施の形態＞図4は、第1の実施の形態に係る画像処理装置100の構成を示すブロック図である。画像処理装置100では物体色成分データを利用することにより、違和感のないコンピュータグラフィックスが容易に実現される。

【0052】画像処理装置100は、通常のコンピュータと同様の構成となっており、各種演算処理を行うCPU111、基本プログラムを記憶するROM112および各種情報を記憶するRAM130がバスラインに接続される。バスラインにはさらに、情報記憶を行う固定ディスク114、各種情報の表示を行うディスプレイ121、操作者からの入力を受け付けるキーボード122aおよびマウス122b、光ディスク、磁気ディスク、光磁気ディスク等の記録媒体91からデータやプログラムの読み取りを行う読取装置115、並びに、メモ리카ード92との間でデータの受け渡しを行うカードスロット116が、適宜、インターフェイス(I/F)を介して接続される。

【0053】画像処理装置100には、事前に読取装置115を介して記録媒体91からプログラム114aが読み出され、固定ディスク114に記憶される。そして、プログラムがRAM130にコピーされるとともにCPU111がRAM130内のプログラムに従って演算処理を実行することにより以下に説明する動作を行う。

【0054】図5は、CPU111がプログラム114aに従って動作することにより実現される機能構成を示すブロック図である。図5において、3次元画像生成部101、照明決定部102、照明成分データ生成部103、背景画像生成部104、および、合成部105がC

PU111により実現される機能を示す。なお、操作部122は図4中のキーボード122aおよびマウス122bに相当する。

【0055】また、RAM130には予め物体色成分データ132が記憶される。物体色成分データ132は、デジタルカメラにて取得された既述の第1および第2画像データ91、92がメモ리카ード92およびカードスロット116を介して取り込まれた後、画像処理装置100により生成されてもよく(図1参照)、予めデジタルカメラや他のコンピュータにより生成された物体色成分データ132がRAM130に転送されてもよい。

【0056】図6は画像処理装置100の動作の流れを示す図であり、図7は画像処理装置100による処理の様子を示す図である。以下、図5ないし図7を参照して画像処理装置100の動作について説明する。

【0057】まず、操作部122が受け付ける操作者の入力に従って3次元画像生成部101が3次元モデルを生成し、さらに、3次元モデルに色を付与して3次元画像とする(ステップS31、図7中の符号801参照)。照明決定部102では、操作部122が受け付ける操作者の入力に従って、3次元画像に付与する照明光の色および照明光の照射方向が決定される。照明光の色は、R、G、Bの値を用いて決定され、照明光の方向は、光源の位置や方向ベクトルにて指定される(ステップS32)。

【0058】照明光が決定されると、3次元画像に照明環境の影響を作用させる処理、すなわち、色合いの変更やシェーディングが施される(ステップS33、図7中の符号802参照)。修正後の3次元画像のデータは、RAM130に3次元画像データ131として保存される。

【0059】一方、決定された照明光のR、G、Bの値は、照明成分データ生成部103へと入力され、R、G、Bの値から照明光の分光分布へと変換される。照明光の分光分布は数1にて示した形式にて求められる。なお、基底関数 $E_i(\lambda)$ としてはCIE昼光用基底関数や蛍光灯用基底関数が予め定められており、基底関数に応じた加重係数 $\epsilon_i$ が照明成分データとして求められる(ステップS34)。

【0060】照明成分データは背景画像生成部104へと転送され、背景画像生成部104には操作部122を介して加重係数 $\epsilon_i$ に乘算される係数が入力される。背景画像生成部104は入力された係数を各加重係数 $\epsilon_i$ に乘算することにより、照明成分データを修正する(ステップS35)。これにより、照明成分データが示す照明光の相対分光分布を一定に保ったまま照明光の強度が調整される。

【0061】その後、物体色成分データ132と修正後の照明成分データとが数3および数4にて示す演算にて合成され、背景として利用される画像のデータ(以下、

「背景画像データ」という。) 133 が生成される (ステップ S36)。すなわち、物体色成分画像 (図 7 中の符号 803 参照) に 3 次元画像に作用させた照明環境から導かれるデータを合成することにより、表示可能な背景画像 (符号 804 参照) が生成される。なお、数 3 および数 4 は拡散光による照明を前提としており、この場合、好ましくは背景画像として遠景が好ましい。

【0062】合成部 105 には 3 次元画像データ 131 および背景画像データ 133 が入力され、これらの画像データを合成することにより合成済データ 134 が生成される。ディスプレイ 121 には合成済データ 134 に基づいて背景画像と 3 次元画像とを合成した合成画像が表示される (ステップ S37、図 7 中の符号 805 参照)。

【0063】操作者が合成画像を見て、3 次元画像に対して背景が明るすぎる、または、暗すぎると判断した場合 (ステップ S38)、加重係数  $\epsilon_1$  に乗算する係数を変更した上で、ステップ S35～S37 が繰り返される。これにより、背景画像における照明光の相対分光分布を一定に保ったまま照明光の強度がさらに変更される。3 次元画像に対して背景の明るさが適切である場合には、画像処理装置 100 における画像生成処理が終了する。

【0064】以上のように、画像処理装置 100 では 3 次元画像を生成する際の照明光の分光分布を用いて物体色成分画像から背景画像を生成する。したがって、背景画像を生成する際の照明光の強度を変更するのみで、3 次元画像と背景画像との雰囲気と適切に合わせることができる。すなわち、3 次元画像と背景画像との違和感のない合成画像を容易に生成することができる。

【0065】なお、通常、背景に対する照明光の強度は、3 次元画像に対する照明光よりも弱く設定されるが、背景が明るい場合には照明光の強度は増大されてもよい。また、物体色成分画像に合成される照明光の分光特性が調整可能とされてもよい。この場合、最初に生成される背景画像は既におよそ適切な画像として生成されることから、照明光の分光特性の調整は僅かな調整で済む。

【0066】また、上記説明では、照明光は R、G、B の値を用いてバーチャルに決定されるが、照明光の分光分布が直接決定されたり、分光分布が外部から読み込まれてもよい。

【0067】背景画像も背景の全体である必要はなく、最終的に生成される画像の一部として 3 次元画像と様々な態様にて合成が可能である。

【0068】<3. 第 2 の実施の形態> 図 8 は、本発明の第 2 の実施の形態に係る画像取得装置 200 の正面図である。画像取得装置 200 は、本体前面に被写体のカラーの 2 次元画像を取得する撮像部 240、光切断法を用いて被写体の距離画像 (奥行き情報が付与された画

像) を取得するためのレーザ光を発する走査部 250、および、被写体に向けてフラッシュ光を発するフラッシュ 261 を有する。本体背面には、ディスプレイや操作ボタンが配置される。

【0069】図 9 は画像取得装置 200 の内部構成を示すブロック図である。撮像部 240 は、複数のレンズを有するレンズ系 241、および、レンズ系 241 を介して被写体の像を取得する CCD 242 を有する。CCD 242 から出力される画像信号は A/D 変換部 243 によりデジタル画像信号へと変換され、RAM 230 に記憶される。なお、CCD 242 は各画素の値として R、G、B の各色に関する値を取得する 3 バンドの撮像センサとなっている。

【0070】走査部 250 は、レーザ光を発するレーザ光源 251、被写体に対してレーザ光を走査させる走査機構 252、および、レーザ光源 251 および走査機構 252 を制御する計測制御回路 253 を有する。レーザ光を照射している間、被写体 (すなわち、計測対象) の画像が撮像部 240 にて取得され、CPU 211 が撮像部 240 と走査部 250 との位置関係、および、レーザ光の出射方向から被写体の表面の形状を距離画像として求める。

【0071】フラッシュ 261 は発光制御回路 261a を介して CPU 211 に接続されており、CPU 211 からフラッシュ 261 を点灯する旨の指示を受けた場合には、発光制御回路 261a がフラッシュ 261 の発光特性が撮影ごとにばらつかないように発光制御を行う。これにより、フラッシュ 261 からの光の分光分布 (分光強度) が一定に保たれる。

【0072】CPU 211 には、さらに、操作者に各種情報や画像を表示するディスプレイ 221、および、操作者からの入力を受け付ける操作部 222 が接続される。カードスロット 216 は、CPU 211 の制御の下、RAM 230 とメモリカード 92 との間にてデータの受け渡しを行う。これにより、メモリカード 92 を介してコンピュータ等の他の装置との間にてデータの転送が行われる。

【0073】ROM 212 にはプログラム 212a が記憶されており、CPU 211 がプログラム 212a に従って動作することにより、後述する画像データの取得や画像データの処理が実現される。すなわち、画像取得装置 200 は部分的にコンピュータの構成を有する。

【0074】画像取得装置 200 により画像が取得される際には、まず、CPU 211 がプログラム 212a に従って動作することにより、図 1 に示した第 1 画像データ 31 および第 2 画像データ 32 の取得が行われる。すなわち、フラッシュ ON にて撮影が行われ、撮像部 240 にて第 1 画像が取得され、続いて、フラッシュ OFF にて撮影が行われ、第 2 画像が取得される。このとき、発光制御回路 261a の制御によりフラッシュ光の分光



分布が所定の分布となるように制御される。

【0075】そして、CPU211が図1に示す差分画像生成部11および物体色成分データ生成部12と同様に機能することにより、物体色成分データが生成される。

【0076】図10は、画像取得装置200において、物体色成分データ231がRAM230に保存された後、CPU211がプログラム212aに従って動作することにより実現される機能構成を示すブロック図である。図10において、3次元モデル取得部201およびファイル作成部202がCPU211が実現する機能を示している。図11は、3次元モデル取得部201およびファイル作成部202の動作の流れを示す図である。

【0077】物体色成分データ231の取得とおよ同時に、3次元モデル取得部201は、撮像部240および走査部250により取得された距離画像から3次元モデルを生成する(ステップS41)。すなわち、画像取得装置200から被写体上の多数の点までの距離を示すデータから、被写体の形状を表す3次元モデル(例えば、サーフェスモデル)のデータが生成され、3次元モデルデータ232としてRAM230に保存される。

【0078】3次元モデルデータ232が取得されると、ファイル作成部202に物体色成分データ231および3次元モデルデータ232が入力される。そして、マッピング部202aにより、3次元モデルの表面の代表的な点(例えば、3次元モデルを構成する各面の頂点)に対応する物体色成分画像の画素が特定される(ステップS42)。なお、3次元モデル上の点と物体色成分画像の画素との対応関係は撮像部240と走査部250との位置関係から容易に求めることができる。

【0079】その後、ファイル作成部202はカードスロット216を介してメモリカード92内に3次元被写体ファイル921を作成して物体色成分データ231および3次元モデルデータ232をその中に格納する(ステップS43)。

【0080】図12は、3次元被写体ファイル921の構造を示す図である。3次元被写体ファイル921のヘッダ部922には、3次元被写体ファイルであることを示す識別子、ヘッダサイズ、データサイズ、物体色成分画像と3次元モデルの表面との対応関係を示すマッピングデータ、物体色成分データに対する演算を行う際の波長範囲、および、物体色成分データの基底関数 $S_i(\lambda)$ が格納される。データ部923には、物体色成分データ(すなわち、基底関数の加重係数 $\sigma_i$ )および3次元モデルデータが格納される。

【0081】以上のように、画像取得装置200では、被写体の分光反射率におよそ相当する物体色成分画像、および、被写体の形状を示す3次元モデルが互いの関連づけられて1つのファイルとして取得される。これにより、物体色成分データおよび3次元モデルデータの転

送、複写、削除等を一体的に行うことができ、データの取り扱いが容易となる。

【0082】なお、上記説明では、被写体を1つの方向から捉えた3次元モデルおよび物体色成分画像を生成しているが、必要に応じて被写体を複数の方向から捉えて複数の距離画像および複数の物体色成分画像を取得し、これらを合成することにより被写体のほぼ全体を示す3次元モデルおよび3次元モデルの表面に対応付けられた物体色成分画像が生成されてもよい。

【0083】次に、画像再生装置による3次元被写体ファイル921を用いた画像の再生について説明する。

【0084】図13は画像再生装置300の機能構成を示すブロック図である。画像再生装置300の物理的構成は通常のコンピュータと同様となっており、図4に示す構成となっている。すなわち、画像再生装置300に予め記録媒体を介してプログラムがインストールされ、プログラムをCPUが実行することによりコンピュータが画像再生装置300として動作する。

【0085】図13において、照明選択部301はCPU、キーボード、マウス等により実現される機能を示し、画像再生部302はCPUによる演算処理により実現される機能を示す。表示制御部303はCPUや専用のグラフィックボードによる機能を示す。

【0086】図14は3次元被写体ファイル921を用いて3次元画像を再生する際の画像再生装置300の動作の流れを示す図である。

【0087】画像再生装置300のRAM330内には、予め複数種類の照明光の分光分布に実質的に相当する照明成分データ331(数1における加重係数 $\epsilon_i$ および基底関数 $E_i(\lambda)$ )が準備されている。そして、照明選択部301が操作者による照明光の選択を受け付ける(ステップS51)。図15は照明光を選択する際のディスプレイの表示内容を例示する図である。図15に示すように、D65、D50等の標準光、太陽光、蛍光灯等の照明光が選択可能とされている。なお、照明光は操作者により作成されてもよい。

【0088】照明光が選択されると、画像再生部302における数3および数4に示す演算により、物体色成分データ231と選択された照明成分データとが合成され、再生データ332が生成される(ステップS52)。すなわち、物体色成分画像を利用した画像の再生が行われる。

【0089】次に、表示制御部303に3次元モデルデータ232、マッピングデータ233および再生データ332が入力され、マッピングデータ233に従って3次元モデルの表面に再生画像を張り付けた3次元画像が生成され、ディスプレイ321に照明光の影響を反映した3次元画像が表示される(ステップS53)。

【0090】ここで、数3および数4に示す演算は、拡散光による照明を前提としているが、既知のシェーディ

ング手法を用いて点光源による照明や平行光による照明の影響を3次元画像に反映することも可能である。例えば、富永昌治「色知覚と色彩メディア処理[V・完] 一色の計算機知覚とカラー画像解析」(電気情報通信学会誌 vol.82, No.1, pp.62-69, 1999年1月)には、二色性反射モデル(dichromatic reflection model)\*

$$Y(\theta, \lambda) = c_s(\theta) S_s(\lambda) E(\lambda) + c_d(\theta) S_d(\lambda) E(\lambda)$$

【0092】数6において、 $\lambda$ は波長、 $\theta$ は入射角、位相角、観測角等の幾何学的パラメータ、 $S_s(\lambda)$ 、 $S_d(\lambda)$ はそれぞれ鏡面反射および拡散反射に対応する分光反射率、 $c_s(\theta)$ 、 $c_d(\theta)$ はそれぞれ幾何学的パラメータによる重み係数、 $E(\lambda)$ は照明光の分光分布を示す。

【0093】ただし、物体色成分データ231には鏡面反射に対応する分光反射率 $S_s(\lambda)$ が含まれないため、演算の際には $S_s(\lambda)$ を1に固定し、係数 $c_s(\theta)$ 、 $c_d(\theta)$ を適宜決定する。これにより、照明光の方向を考慮した3次元画像を生成することができる。また、この手法を利用する場合、3次元モデルデータ232やマッピングデータ233が画像再生部302に入力される。

【0094】以上のように、画像再生装置300では3次元被写体ファイル921を用いることにより、様々な照明環境による影響を反映した3次元画像を適切に再生することができる。

【0095】特に、仮想現実感の分野において、様々な照明光の影響を反映した3次元画像の生成により、実写画像に基づいたリアリティのある様々な映像を実現することができる。例えば、ヘッドマウントディスプレイや偏光眼鏡を利用して3次元映像が鑑賞できる映写ドームにおいてリアリティのある3次元映像を展開することができる。

【0096】なお、上記説明では、画像取得装置200にて物体色成分データ231が生成され、画像再生装置300にて3次元画像が表示されるが、物体色成分データ231の生成やマッピング等の処理は画像再生装置300にて行われてもよい。この場合、画像取得装置200として距離画像および2次元画像を取得する既存の画像取得装置をそのまま利用することができる。

【0097】また、距離画像もいわゆるレンジファインダを用いて取得される必要はなく、例えば、ステレオ視にて取得されてもよい。ステレオ視を利用する場合、通常のデジタルカメラを2カ所に位置させることにより距離画像を取得することができる。

【0098】<4. 第3の実施の形態>第2の実施の形態では、物体色成分画像と3次元モデルとを同一の被写体から取得するが、物体色成分画像と3次元モデルとは個別に(すなわち、別ファイルとして)取得されてもよい。図16は個別に取得された物体色成分データ431と3次元モデルデータ433とから3次元画像を再生

\*を利用したカラー反射モデルが記載されている。この手法では、数6にて示す演算により、対象物上の分光放射輝度 $Y(\theta, \lambda)$ (被写体から観察者に入射する光の分光強度)が求められる。

【0091】

【数6】

する画像再生装置400の機能構成を示す図である。

【0099】画像再生装置400の物理的構成は通常のコンピュータと同様となっており、図4に示す構成となっている。すなわち、画像再生装置400に予め記録媒体を介してプログラムがインストールされ、プログラムをCPUが実行することによりコンピュータが画像再生装置400として動作する。

【0100】図16において、照明選択部401およびマッピング部403はCPU、キーボード、マウス等により実現される機能を示し、画像再生部402はCPUによる演算処理により実現される機能を示す。

【0101】図17は3次元画像を再生する際の画像再生装置400の動作の流れを示す図であり、図18は3次元画像の再生の様子を例示する図である。

【0102】第2の実施の形態と同様に、画像再生装置400のRAM430内には、予め複数種類の照明光の分光分布に実質的に相当する照明成分データ432が準備されており、照明選択部401が操作者による照明光の選択を受け付ける(ステップS61)。

【0103】照明光が選択されると、画像再生部402における数3および数4に示した演算により、物体色成分データ431(図18中の符号811参照)と選択された照明成分データとが合成され、2次元の再生画像(符号812参照)のデータが生成される(ステップS62)。すなわち、物体色成分画像を利用した画像の再生が行われる。

【0104】次に、マッピング部403に2次元再生画像のデータおよび3次元モデルデータ433が入力される。ここで、操作者はディスプレイ421に表示された2次元再生画像と3次元モデル(符号813参照)とを参照しつつマウスを用いて2次元再生画像を3次元モデルの表面に対応付ける(ステップS63)。これにより、3次元モデルの表面に再生画像を張り付けた3次元画像が生成され、ディスプレイ421に照明光の影響を反映した3次元画像が表示される(ステップS64)。このとき、既知のシェーディング手法を用いて点光源による照明や平行光による照明の影響が3次元画像に反映されてもよい。

【0105】以上のように、画像再生装置400では物体色成分画像に照明光が画像に与える影響を付与して2次元画像を再生し、2次元画像を3次元モデルの表面に張り付けて3次元画像を生成する。これにより、様々な

照明環境による影響を反映した違和感のない3次元画像を適切に生成することができる。すなわち、物体色成分画像をコンピュータグラフィックス用の素材画像としてイメージベースレンダリング（実写画像の3次元モデルへの張り付け）の技術に応用することにより、高品質の3次元画像が生成される。

【0106】物体色成分画像を用いたイメージベースレンダリングは、第2の実施の形態と同様に、仮想現実感の分野において利用することができ、実写画像に基づくリアリティのある様々な映像を実現することができる。

【0107】＜5. 変形例＞以上、本発明の実施の形態について説明してきたが、本発明は上記実施の形態に限定されるものではなく様々な変形が可能である。

【0108】上記実施の形態では物体色成分画像を取得する手法として、フラッシュがONおよびOFFにて取得される2つの画像を利用する手法を説明したが、物体色成分画像を取得する手法として様々な手法が利用可能である。

【0109】例えば、デジタルカメラにマルチバンドセンサを設け、照明光のおよその分光分布、すなわち、照明成分データを取得し、画像データおよび照明成分データから物体色成分データが求められてもよい。小型で高分解能のマルチバンドセンサとしては、川越直和、他2名による「分光測色計CM-100」、Minolta Techno Report No.5 1988 (97～105頁)に記載されているように、CCD上に階段状に厚みが異なる金属膜干渉フィルタを設けたものも知られている。このマルチバンドセンサでは、CCDのエリアごとに金属膜干渉フィルタの厚みが変えられており、CCDのエリアごとに所定の波長帯の光の強度を得ることが実現されている。

【0110】また、モノクロCCDの前に複数のカラーフィルタを順次位置させて複数の画像を取得し、これらの画像から物体色成分データが求められてもよい。例えば、富永昌治、「色恒常性を実現するカメラ系とアルゴリズム」、信学技報 PRU95-11(1995-05) (77～84頁)に記載された手法が採用可能である。

【0111】上記手法の変形として、カラーCCDの前において、少なくとも1つのフィルタの有無を切り替えることにより複数の画像を取得し、物体色成分データが求められてもよい。

【0112】照明成分データは照明環境が画像に与えている影響を示すデータであればどのようなものであってもよく、照明環境の影響をある程度示すものであれば足りる。物体色成分データも画像から照明環境の影響を取り除いた成分を示すデータであればどのようなものであってもよく、照明環境が与える影響を厳密に取り除いた成分を示すデータである必要はない。

【0113】上記実施の形態では、物体色成分データや照明成分データが複数の加重係数（および基底関数）として取得されると説明したが、これらのデータは他の形

式であってもよい。例えば、物体色成分データが分光反射率の特性曲線として保存されてもよく、照明成分データが分光分布の特性曲線として保存されてもよい。

【0114】さらに、第1の実施の形態と第2、第3の実施の形態とが組み合わされてもよい。この場合、背景画像と3次元画像との合成をより自然に行うことができる。

【0115】

【発明の効果】請求項1、2および8の発明では、2次元画像と3次元画像との違和感のない合成画像を容易に得ることができる。

【0116】請求項3ないし7、並びに、請求項9および10の発明では、様々な照明環境による影響を反映した3次元画像を適切に再生することが可能となる。また、請求項5の発明では、物体色成分画像のデータと3次元モデルのデータとを一体的に取り扱うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】物体色成分データを生成する構成および他の関連する構成を示す図である。

【図2】物体色成分データを算出する処理の流れを示す図である。

【図3】物体色成分データから画像を再生する処理の流れを示す図である。

【図4】第1の実施の形態に係る画像処理装置の構成を示すブロック図である。

【図5】画像処理装置の機能構成を示すブロック図である。

【図6】画像処理装置の動作の流れを示す図である。

【図7】画像処理装置による処理の様子を示す図である。

【図8】第2の実施の形態に係る画像取得装置の正面図である。

【図9】画像取得装置の内部構成を示すブロック図である。

【図10】画像取得装置の機能構成を示すブロック図である。

【図11】3次元モデル取得部およびファイル作成部の動作の流れを示す図である。

【図12】3次元被写体ファイルの構造を示す図である。

【図13】第2の実施の形態に係る画像再生装置の機能構成を示すブロック図である。

【図14】画像再生装置の動作の流れを示す図である。

【図15】照明光を選択する際のディスプレイの表示内容を例示する図である。

【図16】第3の実施の形態に係る画像再生装置の機能構成を示すブロック図である。

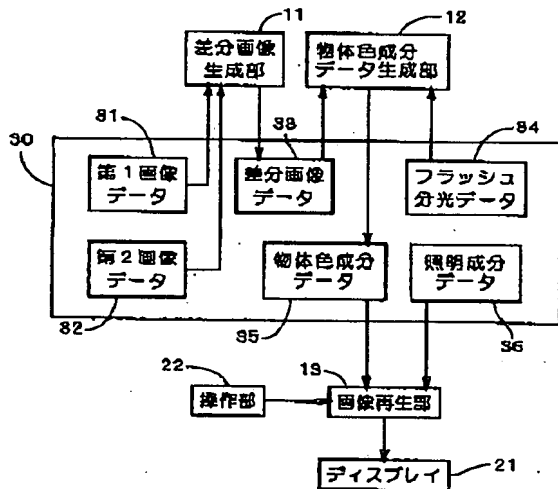
【図17】画像再生装置の動作の流れを示す図である。

【図18】3次元画像の再生の様子を示す図である。

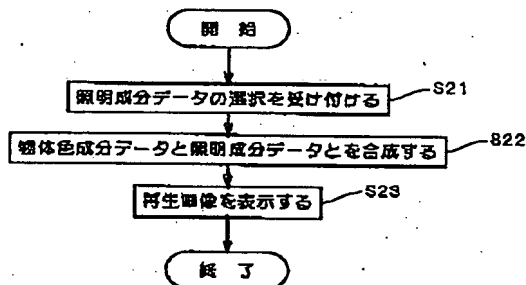
## 【符号の説明】

12 物体色成分データ生成部  
 91 記録媒体  
 100 画像処理装置  
 101 3次元画像生成部  
 102 照明決定部  
 103 照明成分データ生成部  
 104 背景画像生成部  
 105 合成部  
 111, 211 CPU  
 114a, 212a プログラム  
 122a キーボード  
 122b マウス  
 131 3次元画像データ  
 132, 231, 431 物体色成分データ

【図1】

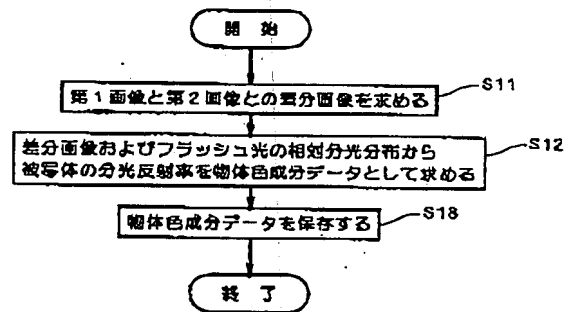


【図3】

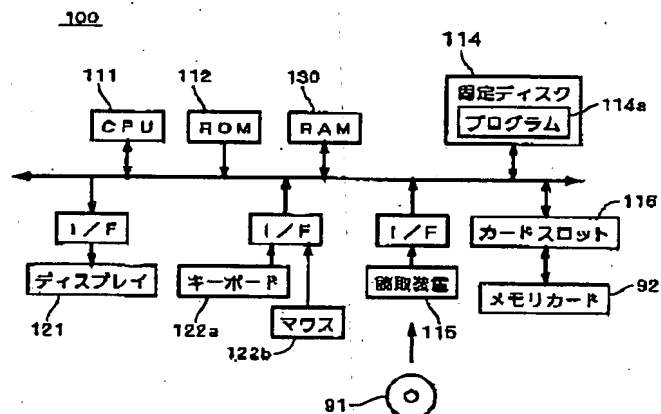


\* 133 背景画像データ  
 200 画像取得装置  
 201 3次元モデル取得部  
 202 ファイル作成部  
 202a, 403 マッピング部  
 212 ROM  
 232, 433 3次元モデルデータ  
 240 撮像部  
 250 走査部  
 10 300, 400 画像再生装置  
 301, 401 照明選択部  
 302, 402 画像再生部  
 331, 432 照明成分データ  
 S32~S37, S41, S42, S51~S53, S  
 \* 61~S63 ステップ

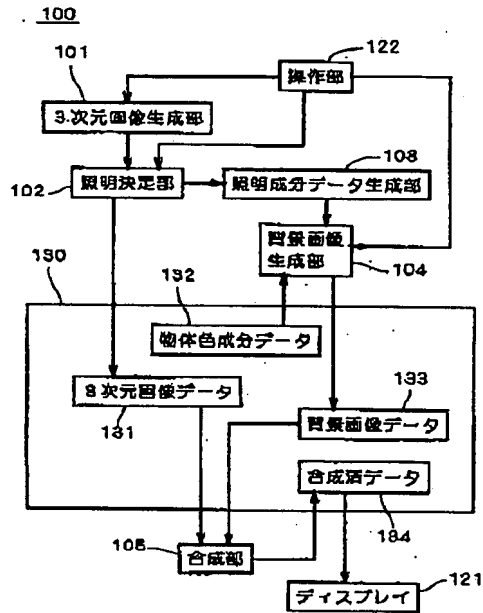
【図2】



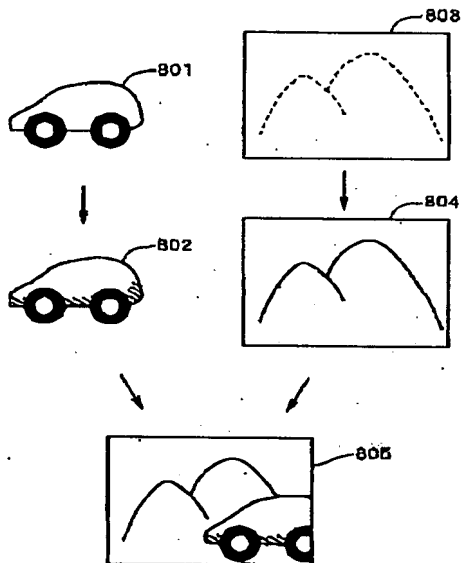
【図4】



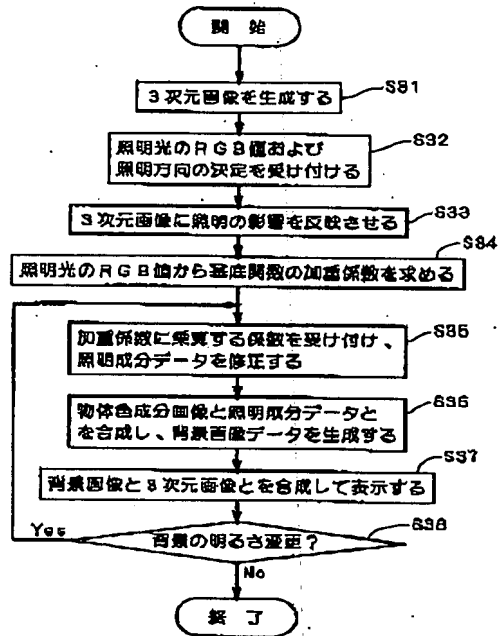
【図5】



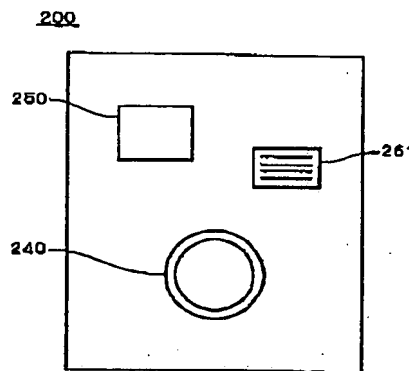
【図7】



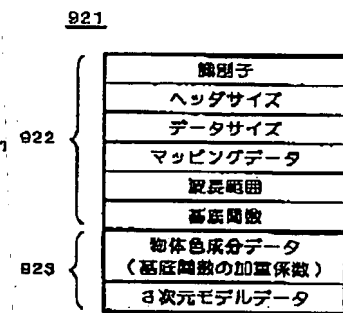
【図6】



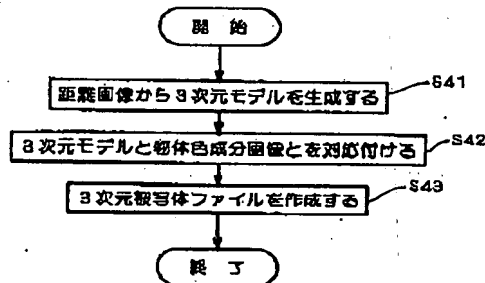
【図8】



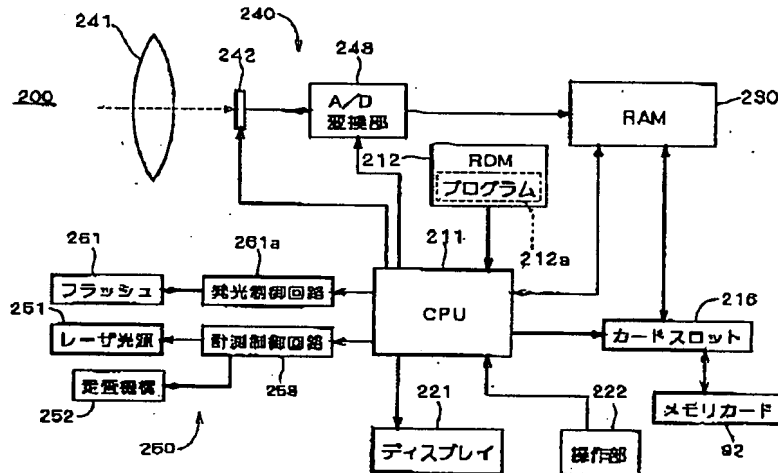
【図12】



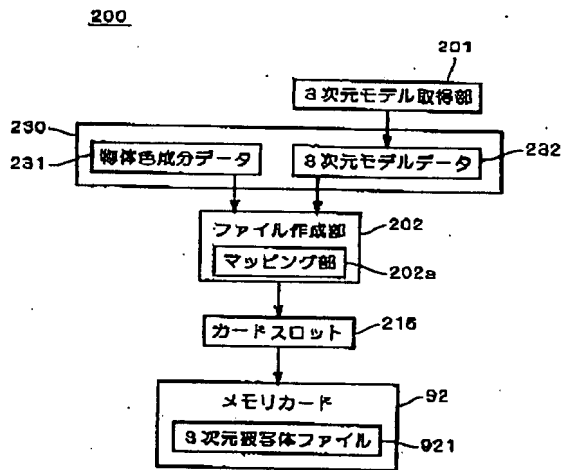
【図11】



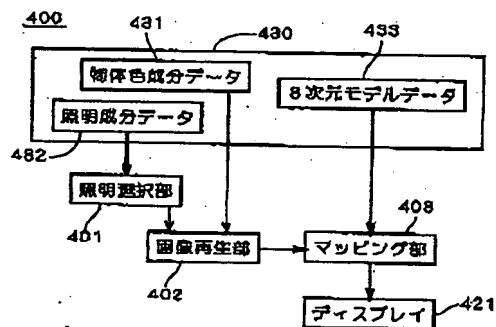
【図9】



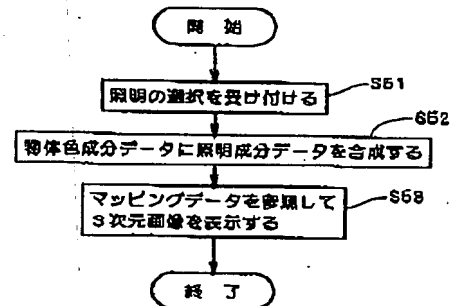
【図10】



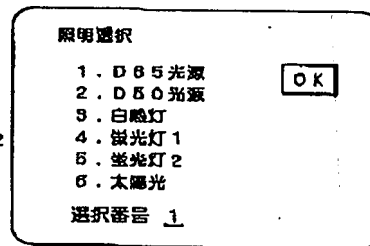
【図16】



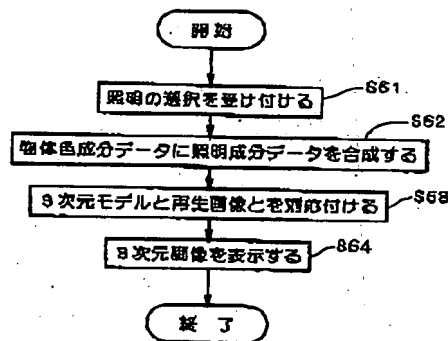
【図14】



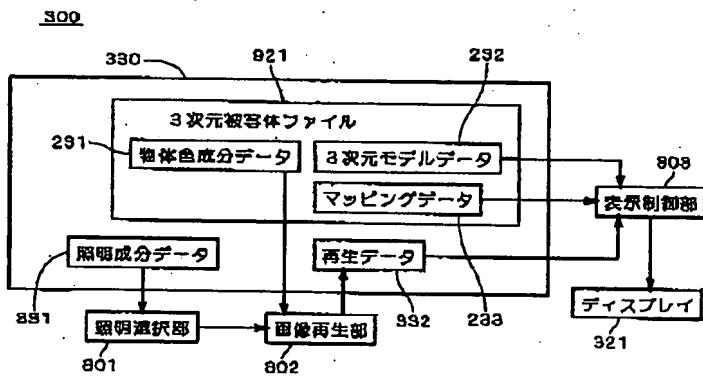
【図15】



【図17】



【図13】



【図18】

